

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. ПЕТРОЗАВОДСК)

Н. В. Крутских*

*ИГ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск

И. И. Косинова**

**ФБГОУ ВПО «Воронежский государственный Университет»

Поступила в редакцию 2 июня 2014 г.

Аннотация: в работе приводится разработка методики интегральной геохимической оценки состояния компонентов природной среды. В качестве интегрального показателя загрязнения компонентов природной среды предлагается показатель экологической опасности (ПЭО), который учитывает степень опасности всех исследуемых элементов через весовые коэффициенты. На основе проведенного анализа зависимости состояния биоты от ПЭО, обоснована классификация трансформации почвенного покрова по данному показателю.

Ключевые слова: эколого-геохимические исследования, загрязнение почв, оценка состояния, урбанизированные территории.

METHODOLOGY DIVISION OF URBAN AREAS ACCORDING TO ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL STUDIES (ON EXAMPLE OF CITY PETROZAVODSK)

Abstract: the work presents the development of the method of integral geochemical assessment of the state of environmental components. As of the integral index of pollution of environmental components is proposed indicator environmental hazards (IEH), which takes into account the degree of hazard of all investigated elements through the weights. On the basis of the analysis of dependence of the state of biota from IEH, classification of transformation of the soil cover on this indicator.

Key words: ecological-geochemical researches, soil contamination, assessment, urban territories.

Введение

Одним из основных проявлений техногенного воздействия на абиотические комплексы является процесс загрязнения. В городских условиях он характерен практически для любых видов техногенного воздействия, имеет повсеместное распространение, протекает в течение всего времени освоения и использования территории и отражается на всех составляющих природного комплекса [1]. В связи с этим многие исследователи при проведении геоэкологических работ делают акцент именно на геохимической оценке территории. Основными загрязнителями компонентов природной среды в пределах урбанизированных территорий являются тяжелые металлы. Они обладают большим сходством к физиологически важным органическими соединениями и способны инактивировать их. В связи с этим, при оценке состояния природных сред города, важно делать основной акцент на тяжелые металлы.

Критериями трансформации природных сред является ряд геохимических, санитарно-гигиенических показателей, позволяющих выявить завышенные и аномальные значения различных параметров компо-

нентов природной среды. Отражение суммарного загрязнения в классических методиках основано на расчетах суммарного показателя загрязнения Zс, однако данный показатель разработан для определенного количества элементов и его использование обычно вызывает трудности с выявлением элементов участвующих в расчетах, а также неоднозначностью интерпретации полученных результатов. Суммарные значения логичнее рассматривать в соответствии с классами опасности, так как элементы различных классов имеют не одинаковый вес в общем воздействии на компоненты ЭГС.

Целью настоящего исследования является обоснование интегрального показателя геохимической трансформации абиотических компонент экогеосистемы в пределах техногенно нагруженных территорий.

Методика работ

Работа представляет собой разработку методики оценки состояния компонентов среды, в связи с этим основными методическими инструментами здесь являются математический, статистический, функциональный анализы, ранее разработанные методы оцен-

ки состояния различных сред, методы картографирования.

Результаты исследований

В качестве такого интегрального показателя загрязнения компонентов природной среды предлагается *показатель экологической опасности* (ПЭО). ПЭО учитывает степень опасности всех исследуемых элементов через весовые коэффициенты, вводимые для каждого элемента, и рассчитывается по формуле:

$$ПЭО = \sum Kc_i \cdot v_i,$$

где Kc – коэффициент концентрации i -го элемента $Kc = C/C_{\phi}$, v_i – весовой коэффициент i -го элемента, C – концентрация элемента в пробе; C_{ϕ} – фоновые значения концентраций для данной территории.

Таким образом, ПЭО для конкретной пробы (участка, зоны) представляет собой средневзвешенное значение коэффициентов концентраций загрязняющих элементов.

Расчет весовых коэффициентов элементов проводится на основании соотношения, обусловленного многими методиками, определяющими состояние среды по классам опасности. Так, например, методика ИМГРЭ [2] предполагает слабый уровень загрязнения для 1 класса опасности до 1,5 ПДК; для элементов 2 класса опасности до 2 ПДК и третьего класса опасности – до 3 ПДК. Средний уровень загрязнения ограничен превышением ПДК в 2, 3 и 5 раз соответственно для 1, 2 и 3 классов опасности, а переход от высокого к максимальному – превышением соответственно в 3, 5 и 10 раз. Проведя простые арифметические действия, рассчитано, что в среднем воздействие элементов 1 класса опасности в 1,5 превышает воздействие элементов 2 класса опасности и в 2,5 раза – 3 класса опасности. Обратные пропорциональные значения отражают уровень воздействия этих элементов (p). Т.е. при условии $p = 1$ для элементов 1 класса опасности, элементы 2 класса имеют $p = 0,7$ и 3 класса – 0,4. С учетом этих данных определяются весовые коэффициенты для расчета ПЭО по формуле:

$$v_i = \frac{p_i}{\sum p}$$

При проведении эколого-геологических исследований г. Петрозаводска для различных функциональных зон города рассчитаны средневзвешенные показатели концентрации загрязняющих веществ в почвах. Преимущественно высокие значения ПЭО почвенного покрова по основным загрязняющим элементам - As, Pb, Zn, Cd, Co, Cu, V, W, характерны для территорий занятых промышленными предприятиями (Северная промзона, зона ОТЗ), коммунально-складскими объектами, транспортными предприятиями. Повышенный уровень трансформации почвенного покрова также частично в селитебных зонах наблюдается. В связи с тем, что такой показатель как ПЭО вводится впервые, нет возможности оценить уровень трансформации, опираясь на «готовые» методики. В связи с этим проведен анализ данных палинологических исследований шиповника морщинистого (*Rosa rugosa*) и геохимических данных почв в пределах

произрастания изучаемых объектов [7], который показал корреляционную линейную связь между тератоморфностью пыльцы и содержанием в почвах Pb, Zn, Sn, Sb, т.е. тех элементов, которые в значительной степени определяют «городское» загрязнение. Коэффициент линейной корреляции $r=0,52$, при $r_{\text{крит}}=0,43$, $n=21$.

Наличие такой зависимости позволяет ранжировать территорию по уровню трансформации почвенного покрова, опираясь на биотические индикаторы. Классификацию уровней трансформации биотической составляющей рассматриваемой экосистемы предлагается провести на основе рассчитанных статистических характеристик. Так, к низкому уровню тератоморфности относятся образцы, в которых содержание тератоморфных пыльцевых зерен не превышает суммы медианы ($M = 5,7\%$) и стандартного отклонения ($S = 3,5$), что составляет 9,2%. К среднему уровню изменений относятся образцы, в которых тератоморфность увеличивается до 16%, что соответствует значениям суммы медианы и трех стандартных отклонений. Образцы с содержанием в них пыльцы не более суммы медианы и 4 стандартных отклонений ($M + 4S = 19,7\%$) относятся к высокому уровню трансформации биотической компоненты, а превышение этой величины характеризуется очень высоким уровнем (табл. 1). Такое определение уровней трансформации по тератоморфности пыльцевых зерен соотносится с качественным определением зон экологического состояния экосистем, описанного В. Т. Трофимовым. Так, к зоне экологической нормы, относятся территории без заметного снижения устойчивости экосистем, ее относительной стабильности, зона экологического риска включает территории с нестабильным состоянием экосистем. Для зоны экологического кризиса характерна очевидная потеря устойчивости экосистем и трудно обратимые нарушения. Если территория характеризуется практически необратимыми нарушениями экосистем, полной потерей продуктивности, то эта должна относиться к зоне экологического бедствия [8].

Учитывая уравнение регрессии, полученное при сравнении тератоморфности пыльцы и ПЭО почв, отмечено, что нормальный уровень тератоморфности пыльцы шиповника характерен для территорий, где ПЭО почв не превышает 1,5. Увеличение ПЭО почв повышает уровень тератоморфности до среднего. Высокий уровень тератоморфности (более 16%) достигается при ПЭО 2,2. При ПЭО > 2,5, уровень тератоморфности превышает 19%, что соответствует очень высоким значениям (рис.1). Связи с этим уместно классифицировать уровень трансформации почв по ПЭО опираясь на приведенные данные (табл. 1).

Применяя полученные критерии к данным эколого-геохимических опробования почв в г. Петрозаводске, в 2011 г. выявлено, что значительная территория города характеризуется низким и средним уровнем трансформации почвенного покрова по геохимическим данным. Однако в зонах повышенной техногенной нагрузки промышленного и транспортного типа

Таблица 1

Уровни изменения сред по данным тератоморфности пылицы и ПЭО почвенного покрова

Уровень трансформации биоты	Значение тератоморфности, %	ПЭО	Уровень трансформации почв
Низкий (< M+S)	< 9,2	< 1,5	Низкий
Средний (M+S – M+3S)	9,2–16,1	1,5–2,2	Средний
Высокий (M+3S – M+4S)	16,1–19,6	2,2–2,5	Высокий
Очень высокий (> M+4S)	> 19,6	> 2,5	Очень высокий

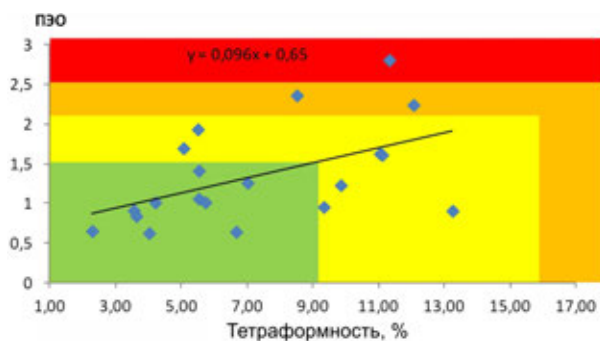


Рис. 1. График взаимосвязи между тератоморфностью пылицы и ПЭО почв

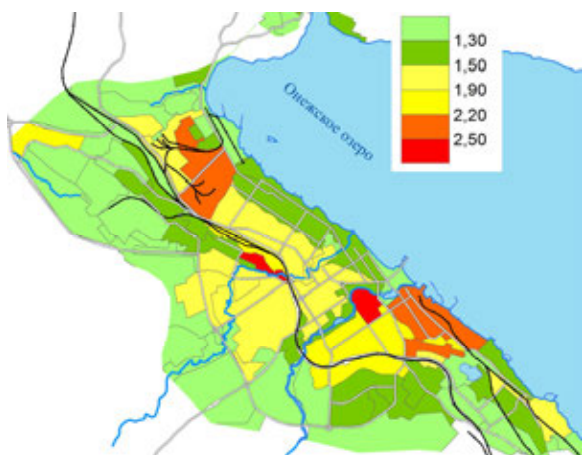


Рис. 2. Трансформация почвенного покрова г. Петрозаводска по ПЭО

значения показателя экологической опасности достигают высокого уровня (рис. 2). Необходимо отметить, что высокие значения характерны для территории бывшей промышленной площадки тракторного завода, где в настоящее время планируются рекультивационные мероприятия с дальнейшей жилой застройкой данного участка. На момент исследований здесь наблюдалось превышение фоновых концентраций в десятки раз для Pb, Zn, Cd, As, Sb, Sn, W, V.

ФБГУН Институт геологии Карельского научного центра Российской академии наук
Н.В. Крутских Н.В., кандидат географических наук, старший научный сотрудник,
E-mail: natkrut@gmail.com; Тел.: 8 (953) 530-19-76

Воронежский государственный Университет
Косинова И. И., заведующая кафедрой экологической геологии, доктор геолого-минералогических наук, профессор
E-mail: kosinova777@yandex.ru; Тел.: 8 (473) 220-82-89

Выводы

Предложенный в работе показатель экологической опасности является удобным инструментом определения трансформации компонентов среды, отражающий ее геохимические изменения. Этот показатель позволяет интегрировать в единую систему анализа геохимического состояния среды элементы различных классов токсичности.

Используемый методический подход можно применять для различных компонентов природной среды, однако необходимы исследования, которые позволят решить проблему классификации этих сред по уровню трансформации, опираясь на ПЭО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геоэкология урбанизированных территорий / Под ред. В. В. Панькова, С. М. Орлова // Сб. тр. Центра Практической Геоэкологии. – М., 1996. – 108 с.
2. Головин А. А. / А. А. Головин, С. Б. Самаев, Л. С. Соколов // Эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий. Прикладная геохимия. – 2008. – Вып. 7. – С.289–299.
3. Гуляева Н. Г. Методические рекомендации по эколого-геохимической оценке территорий при проведении многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000 / Н. Г. Гуляева. – М.: ИМГРЭ, 2002. – 72 с.
4. Дзюба О. Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды / О. Ф. Дзюба. – СПб.: Недра, 2006. – 198с.
5. Косинова И. И. Теоретические основы крупномасштабных эколого-геологических исследований / И. И. Косинова. – Воронеж, 1998. – 255 с.
6. Косинова И. И. Эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий на примере г. Петрозаводска / И. И. Косинова, Н. В. Крутских, Н. Б. Лаврова // Вестник Воронеж гос. ун-та. Сер.: Геология, 2011. – № 2. – С. 204–211.
7. Крутских Н. В., Лазарева О. В. Оценка состояния пылицы шиповника морщинистостлистной как элемент эколого-геологических исследований г. Петрозаводска / Н. В. Крутских, О. В. Лазарева // Геология и полезные ископаемые Карелии. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. – Вып. 14. – С.203–206.
8. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М.: ЗАО «Геоинформ-марк», 2002. – 415 с.

Institute of Geology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences
Krutskih N. V., Candidate of the Geographical Science, scientific worker
E-mail: natkrut@gmail.com; Тел.: 8 (953) 530-19-76

Voronezh State University
Kosinova I. I., Doctor of Geology-Mineralogical Sciences, Professor, the Head of Ecological Geology Department
E-mail: kosinova777@yandex.ru; Тел.: 8 (473) 220-82-89